

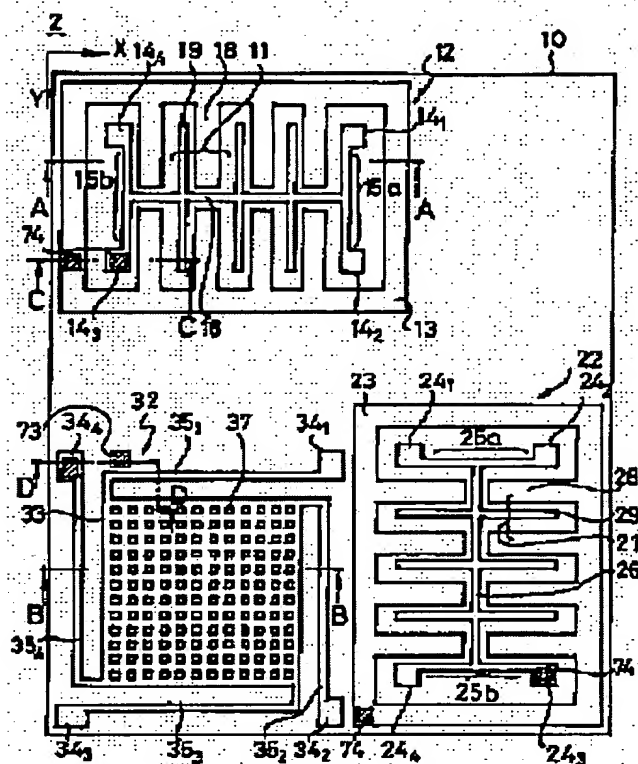
ACCELERATION SENSOR

Patent number: JP9113534
Publication date: 1997-05-02
Inventor: MATSUMOTO YOSHINOBU; ISHIDA MAKOTO; KUBOTA TOMOYUKI
Applicant: MATSUMOTO YOSHINOBU;; TEXAS INSTR JAPAN LTD
Classification:
 - international: G01P15/125; H01L21/3065; H01L29/84
 - european:
Application number: JP19950299195 19951023
Priority number(s):

Abstract of JP9113534

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an acceleration sensor which is composed of a silicon micromachine and can detect a multishaft directional acceleration component.

SOLUTION: A structure layer is formed by polishing a directly joined silicon substrate surface, and a fixed body and a movable body are formed by using an oxide film of a joining part as a sacrificing layer, and a multishaft acceleration sensor 2 is constituted by detecting a capacity change between fixed bodies 18 and 28 being electrodes and movable bodies 19 and 29 and between a movable body (a mass part) 33 being an electrode and a silicon substrate 10. The structure layer formed by polishing can be made thick, and since it is not composed of polysilicon, but is composed of monocrystal silicon, the mechanical degradation of flexible bodies 15a, 15b, 25a, 25b and 351 to 354 can be reduced. A triaxial directional acceleration component of a space can be detected by an acceleration sensor 2 composed of a single substrate, and its detecting sensitivity can be set on various levels by adjusting a plane shape.



(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11) 特許出願公開番号
特開平9-113534
 (43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int. Cl.⁷ F I 技術表示箇所
 G 01 P 15/125 G 01 P 15/125
 H 01 L 21/3065 H 01 L 29/84 Z
 29/84 J
 21/302

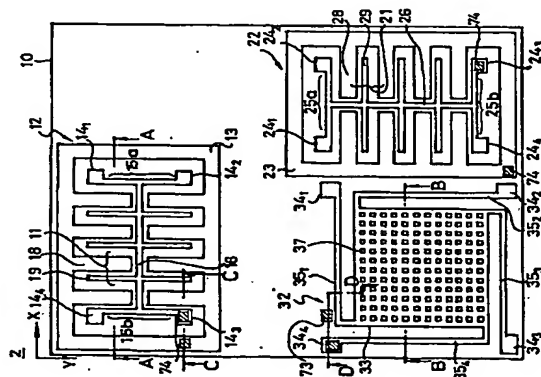
(21) 出願番号 特願平7-29195
 (71) 出願人 59411834
 松本 佳立
 静岡県静岡市駿河区山165
 (71) 出願人 39002048
 日本デキキス・インスツルメンツ株式会社
 東京都港区北青山3丁目6番12号 青山ビル
 (72) 発明者 松本 佳立
 静岡県静岡市駿河区山165
 (72) 発明者 石田 誠
 愛知県豊橋市野谷台1-13-3
 (74) 代理人 伊藤士 石島 茂男
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加速度センサー

(67) 【要約】

【課題】 シリコンマイクロマシンで構成され、多軸方向の加速度成分を検出できる加速度センサーを提供する。

【解決手段】 直接接合したシリコン基板表面を研磨して構造層にし、接合部分の酸化膜を犠牲層にして固定体と可動体を形成し、電極となる固定体18、28と可動体19、29との間と、電極となる可動体(マス部)33と前記シリコン基板10との間の容量変化を検出して多軸加速度センサー2を構成する。研磨によって形成された構造層は厚くでき、また、ポリシリコンではなく単結晶シリコンで構成されているので、可動体15a、15b、25a、25b、35、35a、35bの機械的劣化を小さくできる。また、1つの基板からなる加速度センサー2で、空間の3軸方向の加速度成分が検出でき、更に、その検出感度も平面形状を調節することで種々のレベルに設定することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板と、該シリコン基板上に位置する犠牲層と、該犠牲層上に位置する構造層とを有する加速度センサーであって、

前記構造層がバタニングされ、その底面下の犠牲層がエッチング除去された部分で可動体が形成され、底面下の犠牲層が残された部分で固定体が形成され、

前記可動体が前記固定体と弾性支持され、

前記可動体の側面と前記固定体の側面とが平行に対向配置されて成るコンデンサの容量変化と、

前記可動体と前記シリコン基板とで構成されるコンデンサの容量変化とを検出して加速度の向きと大きさを検出するようにされたことを特徴とする加速度センサー。

【請求項2】 前記可動体の側面と前記固定体の側面とが対向配置されて成るコンデンサを少なくとも2個有し、

前記2個のコンデンサの電極面の法線が互いに所定角度で交わるように配置されたことを特徴とする請求項1記載の加速度センサー。

【請求項3】 前記シリコン基板は、2枚のシリコン単結晶基板表面に形成された酸化膜同士が密着されて直接接合により接合された基板から成り、

前記犠牲層は前記酸化膜で構成され、前記構造層は前記直接接合法で接合された基板の一方のシリコン単結晶基板表面が研磨されて形成されたことを特徴とする請求項1又は請求項2のいずれか1項記載の加速度センサー。

【請求項4】 前記研磨の際、前記構造層の厚みが3μm以上残るようにされたことを特徴とする請求項3記載の加速度センサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は加速度を検出する加速度センサーに係り、特に、シリコンマイクロマシンで構成され、一つの加速度センサーで2軸以上の加速度成分を検出する多軸加速度センサーに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年では、1軸方向の加速度しか検出できなかった従来の加速度センサーに代わり、2軸、あるいは3軸方向の加速度を検出できるセンサーが発売されている。そのような加速度センサーのうち、3軸方向の加速度成分を検出できる3軸加速度センサーを、図10に断面を示して説明する。

【0003】 図10(a)を参照し、102は3軸加速度センサーであり、該3軸加速度センサー102は、円筒形状の台座104と、該台座104上に接合された円形のシリコン基板105を有している。前記シリコン基板105の中央底面には、バイレックスガラスから成る円柱状のマス部107が接合されている。前記シリコン

基板105の厚みのうち、前記マス部107と前記台座104とが接合されている間の領域は薄くされ、その薄くされた領域で可動部108が構成されており、この3軸加速度センサー102に加速度が加えられたときに、前記マス部107の重量によって前記可動部108に応力が増えられ、機械的に変形するように構成されている。

【0004】 該3軸加速度センサー102の平面図である図10(b)に示すように、前記可動部108表面には、前記シリコン基板105の中心を原点とするY軸上の正の部分と負の部分に、ビエゾ抵抗素子R_{Y1}、R_{Y2}、R_{Y3}、R_{Y4}が2つずつ設けられ、また、X軸上の負の部分と正の部分にビエゾ抵抗素子R_{X1}、R_{X2}、R_{X3}、R_{X4}が2つずつ設けられており、更に、前記X軸上の各ビエゾ抵抗素子R_{X1}〜R_{X4}に近接してビエゾ抵抗素子R_{Z1}、R_{Z2}、R_{Z3}、R_{Z4}が平行配置されている。

【0005】 前記各ビエゾ抵抗素子R_{X1}〜R_{X4}と、前記各ビエゾ抵抗素子R_{Y1}〜R_{Y4}と、前記各ビエゾ抵抗素子R_{Z1}〜R_{Z4}によって3つの抵抗ブリッジを形成すると、その抵抗ブリッジの示す抵抗値の変化は、前記3軸加速度センサー102に加えられる加速度の向きと大きさに応じて変化する。各抵抗ブリッジの抵抗変化を測定すれば、X、Y、Z軸の3軸方向の加速度成分を測定することが可能となる。

【0006】 しかしながら加速度の検出にビエゾ抵抗素子を利用した場合には、検出値が温度の影響を受けやすく、信頼性のある測定を行えない。また、用途によっては、装置内に組み込まれている加速度センサーが正常に動作しているかを検出する必要がある。そのために、静電容量等の力でマス部を所定量だけ移動させ、そのときの加速度センサーの出力を検出し、正常に動作しているかを判断したい。この場合、前記加速度センサー102では、前記マス部107が大型であったとしても、静電容量等で移動させることはやや困難である。【0007】 更にまた、前記シリコン基板105と前記マス部107とは直接接合法によって貼り合わされているが、その貼り合わせ工程は複雑で工数が多いため、歩留まりが低く、コスト高となっている。

【0008】 そこで近年では、半導体素子製造プロセスと同様のプロセスで製造できるシリコンマイクロマシン構造の加速度センサーが提案されており、そのプロセスによって製造できれば、低コストで製造することが可能となる。

【0009】 そしてシリコンマイクロマシン構造とすればビエゾ抵抗素子に代えて容量変化で加速度を検出できるので、温度変化の影響がなく、また、静電容量によって正常動作を確認できることから、トラクションコントロールをはじめとして、自動車のエアバッグ制御のための衝突検知に用いたい等、高信頼性が要求される用途に適用できることが期待されている。

【0010】そのようなシリコンマイクログラム構造の加速度センサーの従来技術のものを説明する。平面図で図1(a)を参照し、112は従来技術のシリコンマイクログラム構造の加速度センサーであり、該加速度センサー112は、シリコン基板と、前記シリコン基板上に固定された固定体と、前記シリコン基板と前記固定体に対して移動可能な可動体と、前記可動体を前記固定体に弾性保持させて前記可動体と前記固定体とを機械的、電気的に接続する可動体として構成されている。

【0011】前記加速度センサー112は、前記固定体で構成され直線状に形成された固定部124a、124bに、4θを有しており、該固定部124a、124bには、前記可動体で構成され直線状に形成された弾性の固定電極134a、134bがそれぞれ直列に接続され、該固定電極134a、134bが動かないようにされている。

【0012】前記各固定電極134aの間に前記各固定電極134bの間に、前記可動体で構成され直線状に形成されて成る可動電極135a、135bが、それぞれ1つずつ平行に挿入されている。

【0013】前記各固定電極134a、134bと前記各可動電極135a、135bとは、それぞれ近接して対向配置されており、電気的接続を有している。前記各固定電極134a、134bと、それらに近接配置された前記各可動電極135a、135bで平行平面型コンデンサ123a、123bが構成されている。前記各可動電極135a、135bは前記可動体で構成される可動部126で連結されており、前記可動部126は、前記可動体で構成された可動部127、127が電気的、機械的に接続されている。前記各平行平面型コンデンサ123a、123bは並列接続されている。

【0014】前記可動部127、127は、前記固定体で構成され矩形形状に形成されて成る保持部128、128に接続され、該保持部128、128を支点として前記可動部127、127が前記可動電極135a、135bを弾性支持する。そして、前記可動部127、127は、図11(b)に示すように、前記可動電極135a、135bの中心軸線方向に変形しやすいように形成されている。前記可動電極135a、135bが前記固定電極134a、134bの間に入りやすいようにされている。

【0015】従って、図11(b)に示すように、前記加速度センサー112に加速度が印加され、前記可動電極135a、135bがその中心軸線方向にΔxだけ動いた場合には、前記平行平面型コンデンサ123a、123bの容量値が前記Δxの大きさに応じて変化する。その変化量を検出すれば、前記中心軸線方向の加速度成分を求めることが可能となる。

【0016】ところで、この加速度センサー112は、図12(a)～(f)に示すような製造プロセスで作られており、その工程を説明すると、まず、この加速度セ

ンサ112の製造プロセスは、シリコン基板153上にシリコン熱酸化膜を形成することから開始される。

【0017】前記シリコン基板153表面にシリコン熱酸化膜154が形成された後、その表面に酸化膜155が形成され(図(a))、所定領域の窓開けがされた後、表面に第1ポリシリコン層156が全面形成される(図(b))。

【0018】次に、前記第1ポリシリコン層の所定領域に窓開けがされた後、PSG膜から成る絶縁層157が全面形成される(図(c))。前記絶縁層157の所定領域に窓開けがされた後、その表面に第2ポリシリコン層158が全面形成される(図(d))。前記第1ポリシリコン層156上に直後前記第2ポリシリコン層158が形成される。そして、前記第2ポリシリコン層158の所定領域に窓開けがされた後(図(e))、選択性のある布フック露露に露露されると、その露露部分から前記絶縁層157のエッチングが開始され、該絶縁層157は前記布フック露露で除去される(図(f))。

【0019】前記第2ポリシリコン層158のうち、前記第1ポリシリコン層156上に直後形成されている部分はエッチングされず、前記第2ポリシリコン層158がシリコン基板に固定されている固定体165となり、底面下の絶縁層157が除去された部分が可動体166となる。該可動体166の底面下には、前記絶縁層157の厚さ分の隙間164が開けられている。

【0020】このように、前記第2ポリシリコン層158をシリコンマイクログラムの構造体として前記可動体166と前記固定体165とを構成すれば、半導体素子の製造プロセスと同様のシリコンマイクログラム製造プロセスで適用でき、加速度センサーを安面に大量生産できることになる。

【0021】ところで、前記加速度センサー112の検出精度を上向きさせたいときは、検出に用いるコンデンサの容量値を大きくすることが必要となる。上述の平行平面型コンデンサ123a、123bでは、その容量は、前記固定電極134a、134bと前記可動電極135a、135bの長さsと厚みtの積で決まる。

【0022】しかしながら前記第2ポリシリコン層158はLPCVD法(減圧CVD法)で形成されるため、膜厚を厚くするのにも限度がある。従って、容量値を大きくするためには平行平面型コンデンサの数を増やさない(図23)また、前記第2ポリシリコン層158に前記マス部107と同様のマス部を形成し、そのマス部と前記第1ポリシリコン層156との間の容量変化で加速度を検出しようとする。前記第2ポリシリコン層158は薄いため重量が少なすぎ、小さな加速度を検出すことは困難であり、そのためにはマス部の面積を非常に大きくしなければならぬ。

【0024】更に、ポリシリコンは形成後に残留応力が

生じるため反りが生じるという問題がある。しかも、ポリシリコンで構成した電極に電極間距離を縮める方向に反りが生じた場合には電極同士がつくついてしまう。スキャン現象を引き起こし、センサの信頼性を著しく低下させてしまう。

【0025】
【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来技術の不都合を解決するために創作されたもので、その目的は、シリコンマイクログラム構造で構成され、多軸方向の加速度成分を検出できる加速度センサーを提供することと、信頼性の高い加速度センサーを提供することにある。

【0026】
【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため請求項1記載の発明は、シリコン基板と、該シリコン基板上に位置する弾性層と、該弾性層上に位置する構造周とを有する加速度センサーであって、前記構造周がバターンニングされ、その底面下の弾性層がエッチングによって除去された部分で可動体が形成され、前記可動体が前記固定体に弾性支持され、底面下の弾性層が残された部分で固定体が形成され、前記可動体の側面と前記固定体の側面とが平行に対向配置されて成るコンデンサの容量変化と、前記可動体と前記シリコン基板とで構成されるコンデンサの容量変化とを検出して加速度の向きと大きさを検出するようにしたことを特徴とし、

【0027】請求項2記載の発明は、請求項1記載の加速度センサーであって、前記可動体の側面と前記固定体の側面とが対向配置されて成るコンデンサを少なくとも2個有し、前記2個のコンデンサの電極面の法線が互いに所定角度で交わるように配置されたことを特徴とし、

【0028】請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2のいずれか1項記載の加速度センサーであって、前記シリコン基板は、2枚のシリコン単結晶基板表面に形成された酸化膜同士が密着されて直接接合により接合された基板から成り、前記弾性層は前記酸化膜で構成され、前記構造周は前記直接接合で接合された基板の一方のシリコン単結晶基板表面が研磨されて形成されたことを特徴とし、

【0029】請求項4記載の発明は、請求項3記載の加速度センサーであって、前記研磨の際、前記構造周の厚みが3μm以上残るようにされたことを特徴とする。

【0030】このように本発明の構成によれば、シリコン基板上に弾性層と構造周とがこの順で位置するようにされているので、前記構造周のバターンニングと前記弾性層のエッチングとを行い、前記構造周の底面下の弾性層を除去した部分で可動体を構成でき、底面下の弾性層が残した部分で固定体を形成させることができる。

【0031】その場合、前記可動体の側面と前記固定体の側面とが平行になるように対向配置させると平行平面

型のコンデンサを構成でき、また、前記可動体と前記シリコン基板とで平行平面型のコンデンサを構成でき、前記コンデンサを構成する可動体を前記固定体で構成された支持部に弾性支持させると、前記加速度センサーに加速度が加えられた場合に、前記可動体と前記固定体とで構成されるコンデンサの容量値は、その可動体側面に垂直な方向の加速度成分の大きさに応じて変化し、前記可動体と前記シリコン基板とで構成されるコンデンサの容量値は、前記シリコン基板に対して垂直な方向の加速度成分の大きさに応じて変化し、各コンデンサの容量値を測定すれば、加速度の向きと大きさを求めることが可能となる。

【0032】その場合、前記可動体と前記固定体とで構成されるコンデンサのうちの少なくとも2個が、その電極面の法線が互いに所定角度で交わるように配置しておくと、その2個のコンデンサで別方向の加速度成分を検出できるので、前記シリコン基板と前記可動体とで検出される垂直方向の加速度成分と併せ、3軸加速度センサーを構成することが可能となる。

【0033】このような加速度センサーを作る際、2枚のシリコン単結晶基板を用意し、それらの表面に形成された酸化膜同士を密着させ、直接接合法によって1枚のシリコン基板とそれとの酸化膜で前記弾性層を構成でき、更に、接合された1枚のシリコン基板の表面を研磨すると、その研磨された前記単結晶シリコン基板で前記構造周を構成できる。

【0034】研磨により形成された構造周は単結晶であるため、可動部分の機械的劣化が少なく、また、所望厚みの構造周が簡単に得られ、特に、LPCVD法で作ることが困難な3μm以上の厚みにすることができ、更に、前記構造周の厚みが一定であるため、平面形状を調節するだけで、個々に精度を調整できることになる。

【0035】
【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1は、本発明の最良の形態の形態である加速度センサー3の平面図である。該加速度センサー3は一つのシリコン基板10上に設けられた3つの加速度検知素子12、22、32を有している。

【0036】前記3つの加速度検知素子12、22、32は、半導体素子の製造と同様のプロセスであるシリコンマイクログラム製造プロセスによって同時に形成されており、前記加速度検知素子12、22、32は、前記シリコン基板10上に固定された固定体と、前記シリコン基板10及び前記固定体に対して移動可能にされた可動体と、前記可動体と前記固定体に弾性保持させて前記可動体と前記固定体とを機械的、電気的に接続させる可動体とで構成されている。

【0037】前記固定体、前記可動体、及び前記可動体が形成される工程は、前記加速度検知素子12、22、32の製造プロセスに従って説明する。図5(a)～(c)

に、シリコン単結晶をエッチングするためのマスクに用いるアルミニウム薄膜が形成されるまでの工程を示す。図5(a)～(c)を参照し、まず、表面にシリコン熱酸化膜が形成された2枚のシリコン単結晶基板50a、50bを用いて、その表面のシリコン熱酸化膜を密着して熱処理をし、直接接合法によって前記2枚のシリコン単結晶基板50a、50bを接合して1枚のシリコン基板52を作る(図5(e))。

【0038】次いで、前記シリコン基板52表面の前記シリコン単結晶基板50bを、 $10\mu\text{m}$ 程度の厚みになるまで研削し、その研削されたシリコン単結晶基板によって構造層54を構成する。

【0039】一方、裏面のシリコン単結晶基板に研削せず、もとの厚みのままでサブストレート53を構成する。2つのシリコン単結晶層の間にあるシリコン酸化膜の厚みは約 $1\mu\text{m}$ であり、そのシリコン酸化膜により構造層51を構成する(図5(b))。次いで、前記構造層54表面にアルミニウム薄膜55を真空蒸着法によって全面形成した(図5(c))。

【0040】次に、前記アルミニウム薄膜55の全面形成後、オーミック層を形成するまでの工程を図5(d)～(g)に示し、そのオーミック層の形成後、特性層をエッチング除去するまでの工程を図7(h)～(k)に示す。その1の加速度検知素子12のC-C線断面に相当する部分が形成される過程の断面を示したものであり、右側の図は、図1中の加速度検知素子32のD-D線に相当する部分が形成される過程の断面を示したものである。

【0041】図6(d)～(g)を参照し、前記アルミニウム薄膜55を全面形成した後、フォトリソグラフィ工程を経て、前記アルミニウム薄膜55の所定領域をエッチング除去して窓開口部57を形成する。除去せずに残したところでマスク部58を形成させ(図5(d))、CHF₃ガスとSF₆ガスとが7:3の割合で混合されたエッチングガスを用い、RIE法によって異方性ドライエッチングを行い、前記窓開口部57から前記構造層54と前記特性層51とを選択的に除去して前記構造層54のバナーニングを行う(図5(e))。このとき、前記マスク部58の下面下には前記構造層54と前記特性層51とが積重ねられている。

【0042】前記サブストレート層53と前記構造層54とを構成するシリコン単結晶はp型であり、金属電極8とオーミックコンタクトをとるため、前記マスク部58を除去して前記構造層54を表面に露出させ、p型のドーパントであるボロンをイオン注入又は熱拡散させる(図5(f))。そして、熱処理により拡散させて、前記サブストレート層53と前記構造層54の表面に、それぞれp⁺⁺のオーミック層63、64を形成した(図5(g))。

【0043】次に図7(h)～(k)を参照し、前記オーミ

ック層63、64表面にレジスト65を塗布し(図7(h))、所定部分を窓開口けた後、蒸着法によってクロム・白金薄膜66を形成する(図7(i))。そして、リフトオフ法によって、前記レジスト65と共に、該レジスト65上に形成された前記クロム・白金薄膜66を除去する。前記レジスト65の窓開口部分に形成された前記クロム・白金薄膜66は残されており、前記オーミック層63、64表面に、それぞれ金属電極73、74を形成する(図7(j))。

【0044】前記金属電極73、74が形成されたシリコン基板をフッ酸溶液(BHF)に浸漬すると、前記構造層54によって覆われていない前記特性層51の側面のサイドエッチングが開始される。

【0045】前記構造層54のバナーニングの際、該構造層54を幅広に形成したところと幅狭に形成したところがあるため、このサイドエッチングの進行に伴い、ある幅面のエッチング時間では、前記構造層54を幅狭に形成した部分の下面下では前記特性層51が完全に除去でき、幅広に形成したところの下面下では前記特性層51を残すことができる。このため、適切に時間管理しながらサイドエッチングさせ、前記特性層51を除去した部分で可動体69を構成し、残した部分で固定体68を構成する。

【0046】また、前記可動層69のうち、機械的な変形を生じやすいような平面形状としたところで可動体を構成し、前記可動体69のうち、後述する可動電極となる部分やアーム部分は、前記可動体で前記固定体68に接続して保持させたので、前記可動体69は移動可能とされているが、エッチングの際に前記シリコン基板53から分離することはない。

【0047】なお、前記構造層54と前記サブストレート53を構成する単結晶のシリコンと、前記金属電極73、74を構成するクロム・白金薄膜はフッ酸ではエッチングされないもので、前記金属電極73、74が側面することはない。

【0048】ところで、前記RIE法でのドライエッチングによって、前記構造層54の側面は前記シリコン基板53表面と垂直になるように形成されており、前記固定体68の側面と前記可動体69の側面とを近接して対向配置させると平行平板型コンデンサを構成することができ、

【0049】前記加速検知素子12、22は、そのような構成の平行平板型コンデンサ11、21をそれぞれ6個ずつ有している。前記平行平板型コンデンサ11、21は、前記固定体68で構成され、直線状に形成された固定電極18、28と前記可動体69で構成された可動電極19、29とを有し、直線状に形成された可動電極19、29とを有し、前記可動電極19と前記固定電極18とが近接して平行に配置されて構成され、前記各平行平板型コンデンサ21は、

前記可動電極29と前記固定電極28とが近接して平行に配置されて構成されている。

【0050】前記各固定電極18と前記各可動電極19とは、互い違いになるように平行に配置されており、また、互いに前記各固定電極28と前記各可動電極29と、互い違いになるように平行に配置されており、従って、1つの可動電極19、29の両側に2つの固定電極18、28が配置されているが、加速度成分の符号を換出できるように、一方の固定電極とだけ近接配置されて、前記平行平板型コンデンサ11、21が構成され、他方の固定電極とは離間され、平行平板型コンデンサを構成しないようにされている。

【0051】そして、前記各可動電極19、29は、前記可動体69で構成され直線状に形成されたアーム18、28にそれぞれ垂直に取り付けられて湾曲にされ、また、前記各固定電極18、28は前記固定体68で構成された外枠13、23にそれぞれ接続されているので、前記各平行平板コンデンサ11、12は並列接続されており、前記各平行平板型コンデンサ11の電極面(前記固定電極18の側面と前記可動電極19の側面)の法線は同じ方向(ここではX軸方向)に向くように配置され、前記各平行平板型コンデンサ21の電極面の法線は、前記X軸と垂直なY軸方向に向くように配置される。なお、平行平板コンデンサの容量を測定するために外部端子と接続される金属電極74が、前記外枠13、23の表面上と、前記支持部14の表面上に設けられている。

【0052】前記加速検知素子12と加速検知素子22の断面の様子と同様であり、前記加速検知素子12のA-A線断面を図2(a)に、斜視図を図3に示す。次に、前記加速検知素子32を説明する。該加速度検知素子32は、前記構造層54が矩形形状に形成されて成る大面積のマス部33を有しており、その矩形形状に形成したときに、同時に、該マス部33中に孔37がアレイ状の配置で形成されており、該マス部33を構成する前記構造層54に、幅広部分が生じないようにされている。従って、前記特性層51をエッチングするときに、前記フッ酸溶液が前記孔37から侵入して、前記マス部33の下面下にあった前記特性層51は全部除去され、該マス部33を構成する前記構造層54は、移動可能な前記可動体69を構成するようにされている。

【0053】前記マス部33の周囲には、前記可動体69で構成され、L字形状に形成された可動体35₁～35₆が配置され、その一端が前記マス部33の四隅にそれぞれ直線状に接続され、全体として、中央に前記マス部33が位置した十字形状になるように構成されている。【0054】前記可動体35₁～35₆の他端には、前記固定体68から成り矩形形状に形成された支持部34₁～34₄が接続され、前記可動体35₁～35₆が、シリ

コン基板表面に対して垂直方向に傾斜するようにされている。この加速検知素子32のB-B線断面図を図2(b)に、斜視図を図4に示す。

【0055】前記マス部33の下面下に位置した前記特性層51は直線状に形成され、その後全部除去されているので、前記マス部33の側面と前記シリコン基板10の表面とは平行になっており、該マス部33と前記シリコン基板10とを電極とし、除去された前記特性層51の厚みを電極間隔とする平行平板型のコンデンサが構成されている。この平行平板型コンデンサでは、前記加速検知素子2に加速度が印加されると、前記可動体35₁～35₆が湾曲し、前記マス部33が変位して電極間隔が変わるので、その容量値は、前記シリコン基板10に対して垂直方向の加速度成分の大きさに応じて変動する。この場合、前記マス部33に設けられた孔37の大きさを変えることによりダンピングの影響を自由に設定できる。

【0056】即ち、前記マス部33に設けられた前記孔37は、前記特性層51をエッチングする以外にも、エッチングをコントロールする目的にも使用される。前記孔37の数を変えるか、一つ当たりの面積を変えることにより、前記マス部33が受けるダンピングの影響を自由に設定することが可能である。これにより、ダンピングの影響を少なくすればより応答性のよいセンサとすることができ、また、ダンピングの影響を大きくする事により落下などの衝撃に対して強いセンサとする事が可能である。

【0057】前記加速検知素子12では前記可動層15a、15bが湾曲し、前記可動電極19がX軸方向に変位したときに前記平行平板型コンデンサ11の容量値が変化する。また、前記加速検知素子22では前記可動体25a、25bが湾曲し、前記可動電極29がY軸方向に変位したときに前記平行平板型コンデンサ21の容量値が変化する。

【0058】従って、前記各加速検知素子12、22、2、32の容量変化を検出すれば、X軸、Y軸、Z軸(垂直方向)の3軸方向の加速度成分が検出でき、それによって加速度の向きと大きさを求めることが可能となる。

【0059】但し、本発明の加速度センサはX、Y、Z軸の3軸方向を検出することだけに限定されるものではない。例えば図8に示す加速検知素子82のように、前記可動体69で可動電極を構成する際、比較的小さい直線状に形成して重い可動電極87を作り、前記可動電極87よりも幅が狭い直線状に形成して軽い可動電極88を作り、この直線の違う2つの可動電極87、88で、検出感度の異なる2種類の平行平板型コンデンサを構成することができる。

【0060】その場合、検出感度の異なる2種類の

加速度検知素子 8、84が、同じ方向(ここではX軸方向)の加速度を検知するようにシリコン基板 86上に配置し、垂直方向の加速度成分を検出する加速度検知素子 85も同じ基板 86に設けられ、Z軸方向の加速度を前記加速度検知素子 85で検出し、X軸方向の加速度を前記加速度検知素子 87を有する前記加速度検知素子 83で検出し、X軸方向の大G(衝撃)を前記加速度検知素子 88を有する前記加速度検知素子 84で検出することができる。

[0061] 更に、前記マス部 33の面積を変えたものを複数設けておけば、Z軸方向の加速度の検出感度を異ならせることも可能である。いずれの場合でも、静電気で動かせる程度の重さであるので、可動電極とマス部は静電気で動かすことができ、加速度センサーが正常に動作できるかどうかを検査することができる。

[0062] このように、本発明によれば、一つの基板の上に異なる感度の加速度検知素子を作ることが可能であるため、正面からの衝突だけではなく、側面からの衝突に対しても搭乗者を保護しようとする、いわゆるサイド・エアバッグシステムにおいて、衝撃吸収体であるボンネットの存在する前後方向で50G、衝撃吸収体のない後方向で300Gという、方向と感度の組合せを要求される分野にも、一つの加速度センサーで対応することが可能となる。更に、例えばエアバッグ・システム(正面)と、ABSシステムと、サスペンション・コントロール・システムとを搭乗しようとした場合には、前後方向で50Gと2G、上下方向で2Gの検出レベルの設定が求められるが、本発明の加速度センサーによれば、簡単に対応が可能である。

[0063] また、前記可動部 15a、15bを前記可動部 25a、25bは前記可動部 54を直線状に形成して構成したが、図9に示す加速度検知素子 91のように、前記可動部 54を折り曲げて可動部 95a、95bを形成してもよく、その場合には可動部 99の幅を狭くしても、水平方向で種々の検出感度を有する加速度検知素子を形成することができる。これら可動部 15a、15b、25a、25b、35a、35b、95a、95bは加速度がゼロになると変形が止み、元の状態に復帰するが、半結晶シリコンで構成されているため、繰り返し変形しても劣化せず、長寿命で信頼性が高い。また、半結晶シリコンは我々が思いがけなく、反りが生じないのでステディンク現象を引き起こさず、信頼性が高い。

[0064] なお、シリコン基板に対する水平方向の加速度成分は、X軸方向とY軸方向を検出する組合せに限定されるものではなく、加速度センサーが使用される移動体の性質に依り、直向以外の種々の方向の加速度成分を検出してもよい。また、上記実施の形態では、平行平板型のコンデンサーを6個設けて加速度検知素子 13、23を構成したが、その個数に限定されないことは言うまでもない。

[0065]

【発明の改良】 基板に垂直な方向の加速度成分と基板に水平な方向の加速度成分とを一つの加速度センサーで検出することができる。特に、その検出感度も複数レベルを容易に設定できる。特にX、Y、Z軸の方向の加速度成分を検出するように設定すると、3軸加速度センサーを構成することができる。

[0066] 可動体がシリコン単結晶で構成されているため、機械的劣化せず、疲労破壊しない。また、反りが生じないのでステディンク現象を引き起こさず、信頼性が高い。

[0067] 更に、可動体の厚みが厚いので、面積を増やさなくても検出感度の高い加速度センサーを構成でき、また、可動部が変形しやすいので、静電気で加減速度センサーの正常動作を確認することができる。

[0068] また、半導体素子の製造プロセスと同様のシリコンマイクログラム製造プロセスで製造できるので、加速度センサーの製造コストを低下させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の最良の実施形態を示す平面図
- 【図2】 (a)図1のA-A線断面図 (b)図1のB-B線断面図
- 【図3】 可動体と固定タイトで構成されるコンデンサーの斜視図
- 【図4】 可動体とシリコン基板とで構成されるコンデンサーの斜視図
- 【図5】 (a)~(c)：本発明の加速度検出センサーのアルミニウム薄膜を成膜するまでの製造工程を説明するための図
- 【図6】 (d)~(g)：本発明の加速度検出センサーのオーミック層を形成するまでの製造工程を説明するための図
- 【図7】 (h)~(k)：本発明の加速度検出センサーの機械層をエッチング除去するまでの製造工程を説明するための図
- 【図8】 本発明の他の実施の形態を説明するための図
- 【図9】 可動体と固定体で構成されるコンデンサーの他の例を示す平面図
- 【図10】 (a)従来の技術の3軸加速度センサーの断面図 (b)その平面図
- 【図11】 (a)シリコンマイクログラムで構成された従来の技術の加速度センサーの一例の平面図 (b)その動作原理を説明するための図
- 【図12】 (a)~(f)：従来の技術のシリコンマイクログラムを製造するための工程を説明するための図

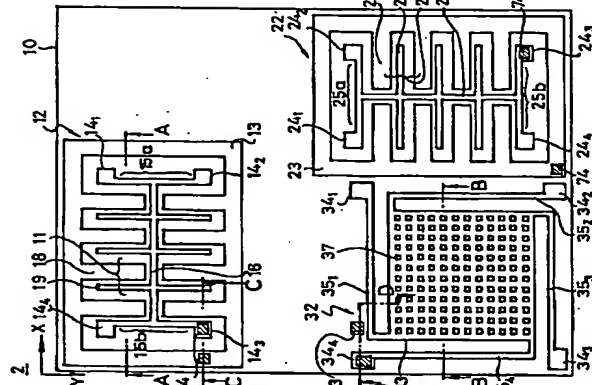
【符号の説明】

2、82……加速度センサー 10、53……シリコン基板
50a、50b……シリコン単結晶基板

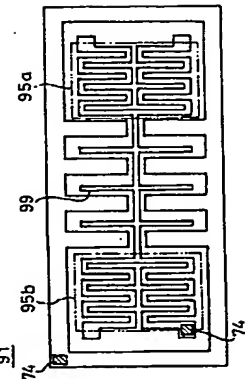
51……機械層 54……構造層 69、16、26
6……可動体
19、29、33、88、87……コンデンサーを構成する可動体

15a、15b、25a、25b、35a、35b……可動体
95b……可動体
13、18、23、28、68、141~144、241~244、341~344……固定体

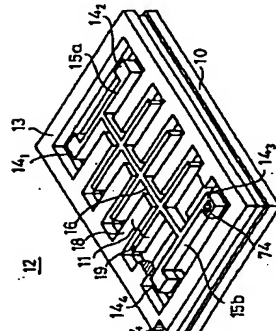
【図1】



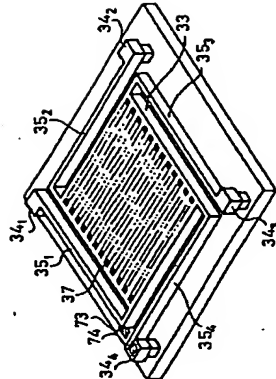
【図9】



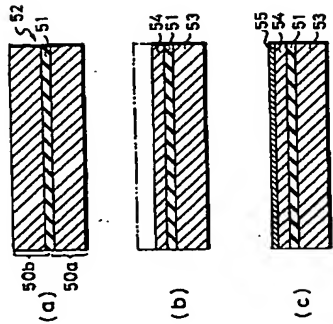
【図3】



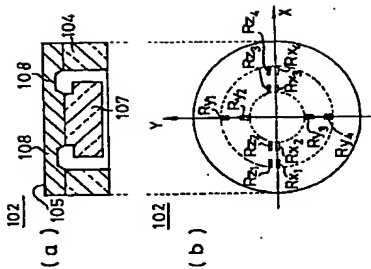
【図4】



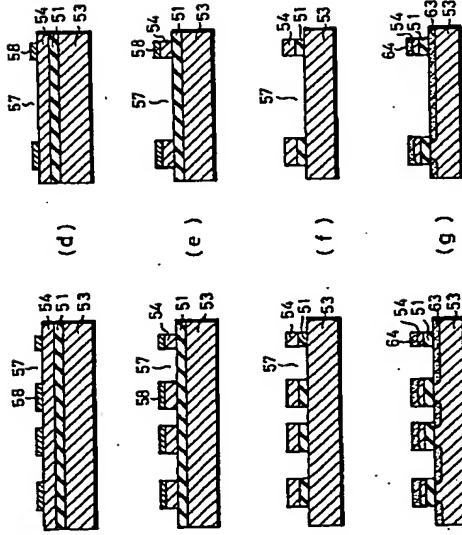
【図6】



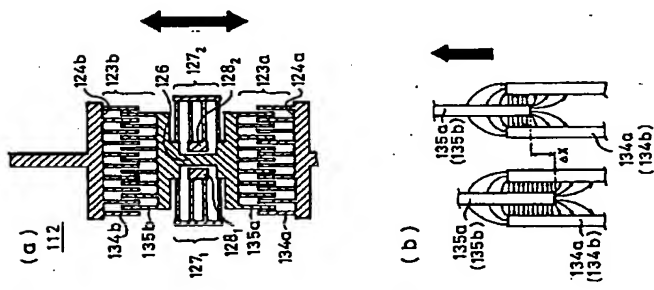
【図10】



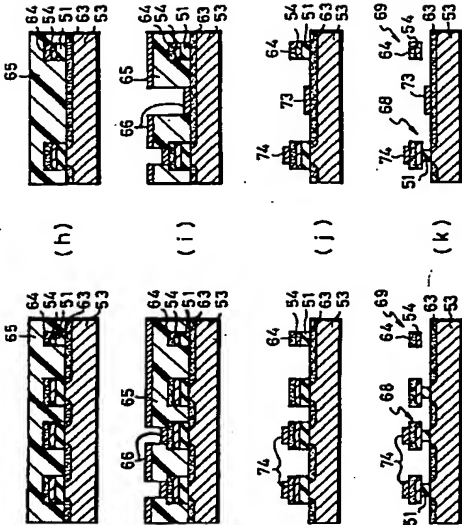
【図6】



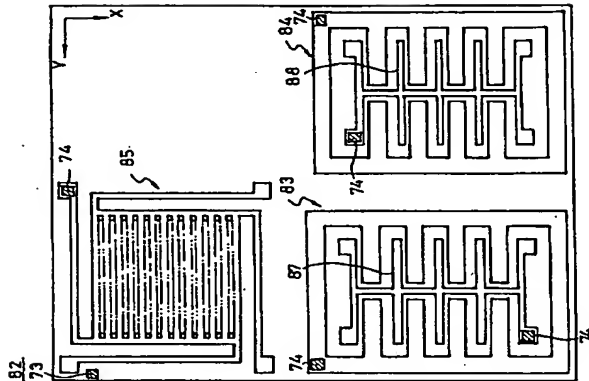
【図11】



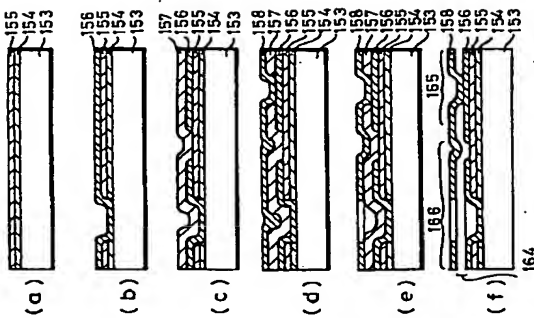
【図7】



【図8】



【図12】



フロントページの続き

(72) 発明者 久保田 智之

静岡県駿東郡小山町柳原305番地 日本テ
キサス・インスツルメンツ株式会社小山工
場内